

uc3m

Universidad
Carlos III
de Madrid



Departamento
Tecnología
Electrónica

Fundamentos en Ingeniería Electrónica

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Tecnologías Industriales, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de la Energía

Sesión 17: Circuitos Combinacionales y Secuenciales. Unidad de Memoria.

Sesión 17. Circuitos Combinacionales y Secuenciales.

A. CIRCUITOS COMBINACIONALES

1. Circuitos combinacionales con puertas lógicas.
2. Decodificador.
3. Multiplexor.

B. CIRCUITOS SECUENCIALES.

1. Biestables.
2. Biestable D.
3. Contadores (intro).

C. Ejercicios propuestos.

D. INTRODUCCIÓN A LOS CIRCUITOS COMBINACIONALES Y SECUENCIALES. CASO PRÁCTICO.

E. Bibliografía & Referencias.



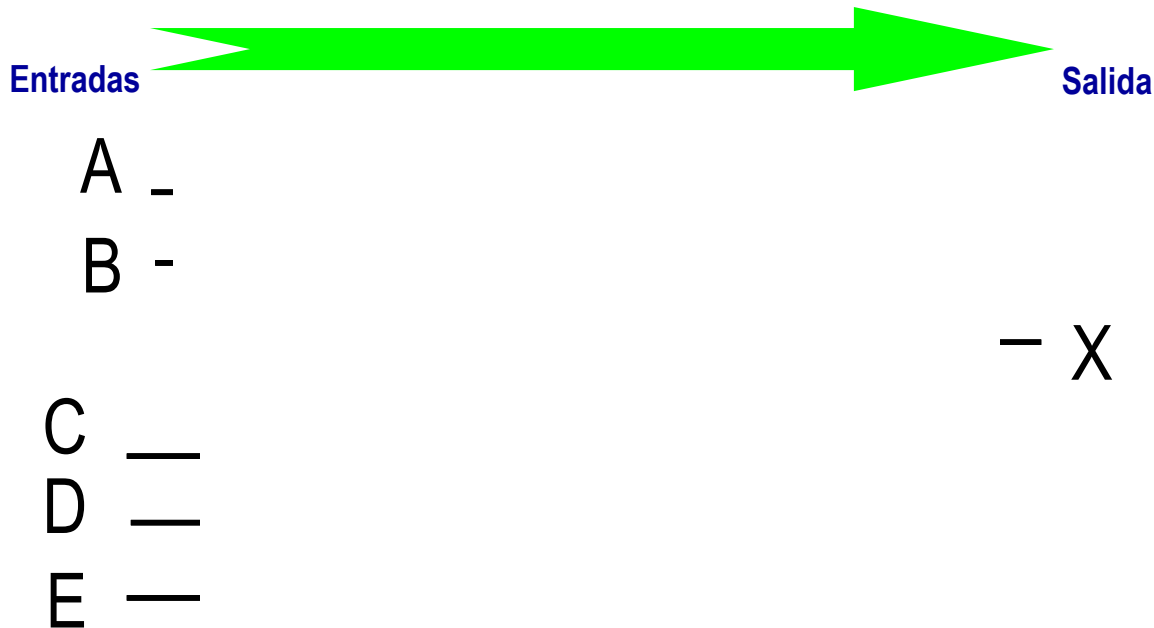
A. Circuitos Combinacionales. Implementación de funciones lógicas.

1. CIRCUITOS COMBINACIONALES CON PUERTAS LÓGICAS.

Análisis: Dado un circuito mediante su esquema, deducir su funcionamiento. Obtener las ecuaciones que relacionan entradas y salidas, tabla de verdad, etc.

$$X=AB+CDE$$

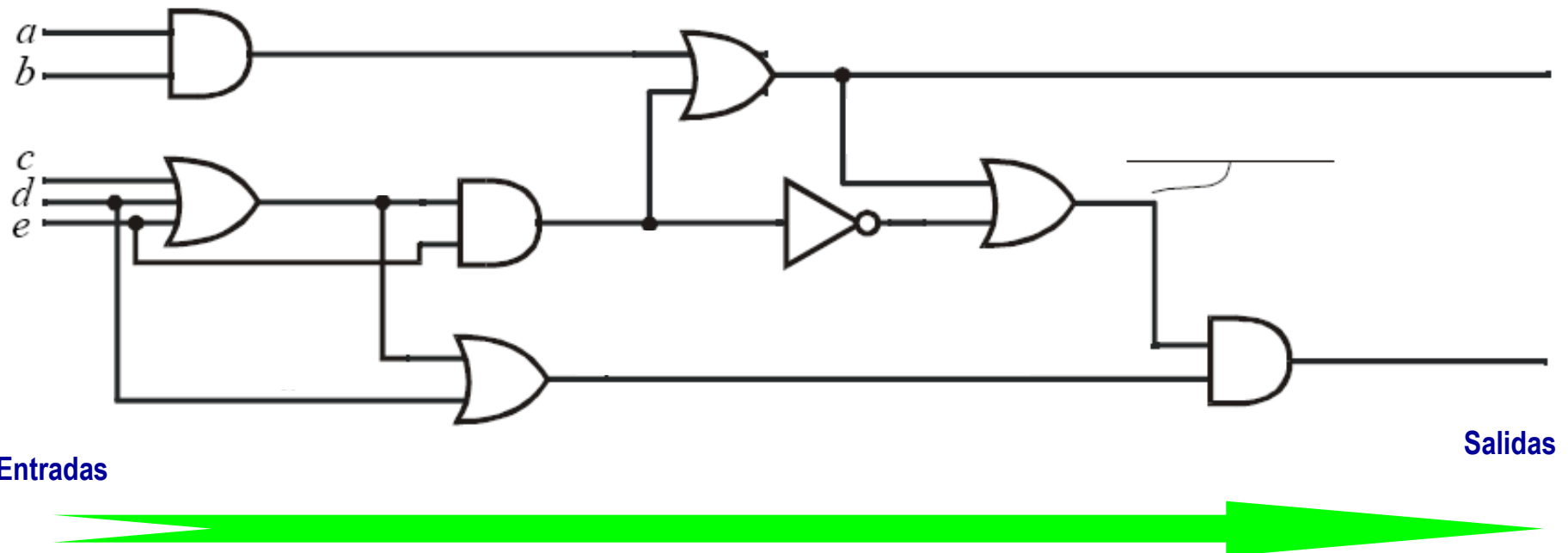
Ejemplo circuito sencillo



A. Circuitos Combinacionales. Implementación de funciones lógicas.

1. CIRCUITOS COMBINACIONALES CON PUERTAS LÓGICAS.

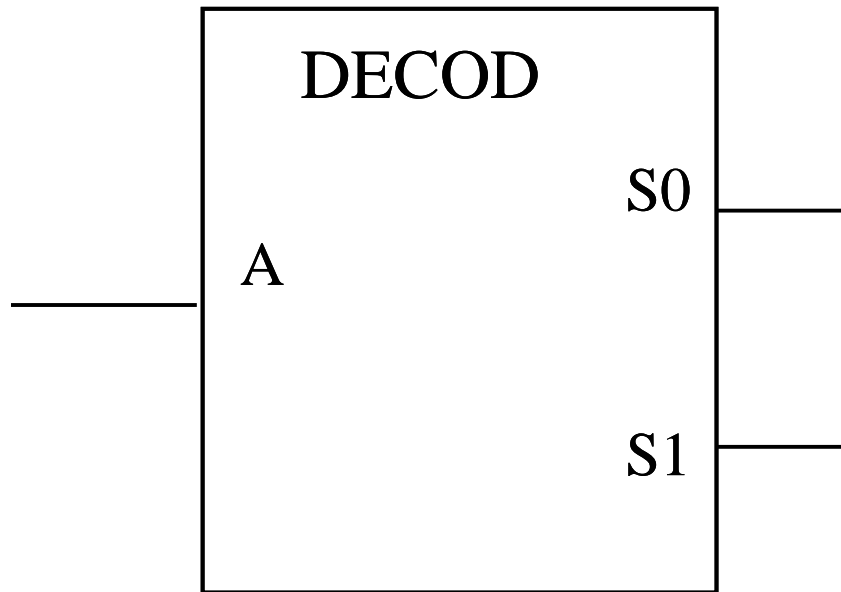
- Ejemplo circuito **multinivel**: las señales de izquierda a derecha recorren varias puertas lógicas hasta alcanzar la salida
- Consideraremos los circuitos ideales, sin retrasos. En los circuitos reales hay que tener en cuenta los tiempos de propagación acumulados en cada puerta.



A. Circuitos Combinacionales. Implementación de funciones lógicas.

2.DECODIFICADOR.

- Circuito Combinacional: N entradas y 2^N salidas.
N a 2^N . (Ejemplo: DEC 2:4, DEC 3:8, ...)
- Decodifica (convierte), del código binario al natural.

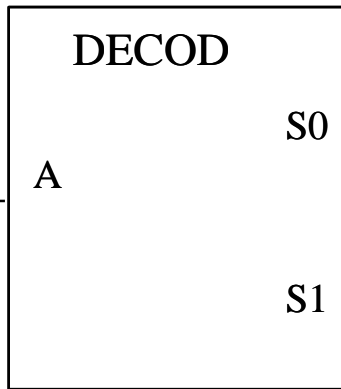


Símbolo (1 a 2)

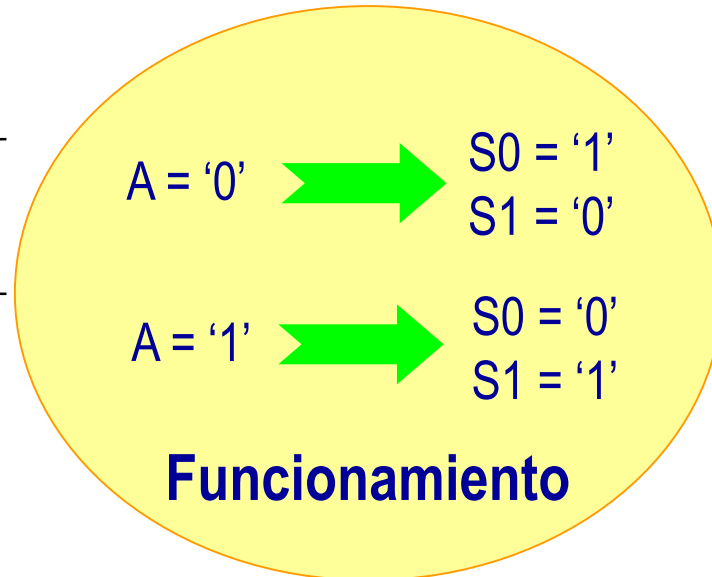
A. Circuitos Combinacionales. Implementación de funciones lógicas.

2.DECODIFICADOR.

- Actúa como un detector de combinaciones de entrada
 - Activa la salida cuyo valor decimal es el correspondiente a la combinación binaria presente en las entradas.
 - Ha de definirse cuál es la entrada de mayor y menor peso.
 - El subíndice en las entradas y salidas indica el peso de cada una.
- Las salidas son mutuamente excluyentes: **sólo puede estar activa una única salida en cada instante.**



Símbolo (1 a 2)



Funcionamiento

A	S1	S0
0	0	1
1	1	0

Tabla de verdad

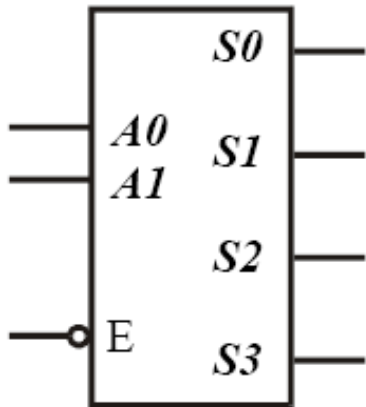
A. Circuitos Combinacionales. Implementación de funciones lógicas.

2.DECODIFICADOR.

Decodificador 2 a 4

- Entrada de habilitación (enable) activa a nivel bajo.
- La entrada de enable debe estar activa para que el circuito funcione normalmente (llave para activar el circuito)
 - Si la entrada de habilitación no está activa todas las salidas son '0' independientemente del valor de las entradas

Enable no activado



Decodificador 2:4

E	A1	A0	S3	S2	S1	S0
1	X	X	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0

Tabla de verdad

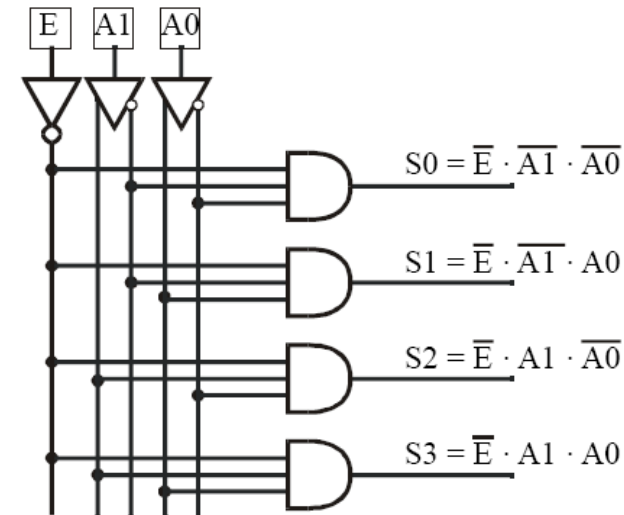
$$S0 = \bar{E} \cdot \bar{A1} \cdot \bar{A0}$$

$$S1 = \bar{E} \cdot \bar{A1} \cdot A0$$

$$S2 = \bar{E} \cdot A1 \cdot \bar{A0}$$

$$S3 = \bar{E} \cdot A1 \cdot A0$$

Ecuaciones lógicas



Circuito con puertas

A. Circuitos Combinacionales. Implementación de funciones lógicas.

2.DECODIFICADOR.

- Entrada de habilitación (enable) activa a nivel bajo.
- Salidas activas a nivel bajo
 - Cuando una salida está activa se indica con un '0'
- Obtener las ecuaciones lógicas de las salidas, el esquema de puertas de S2 y la tabla de verdad del decodificador

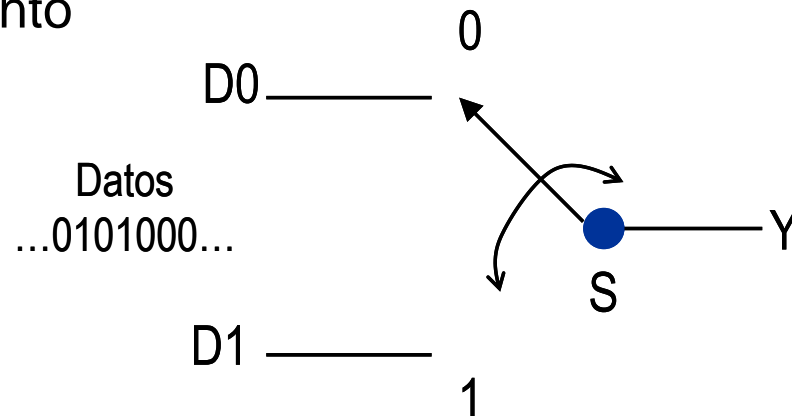
Ejercicio para casa ...



A. Circuitos Combinacionales. Implementación de funciones lógicas.

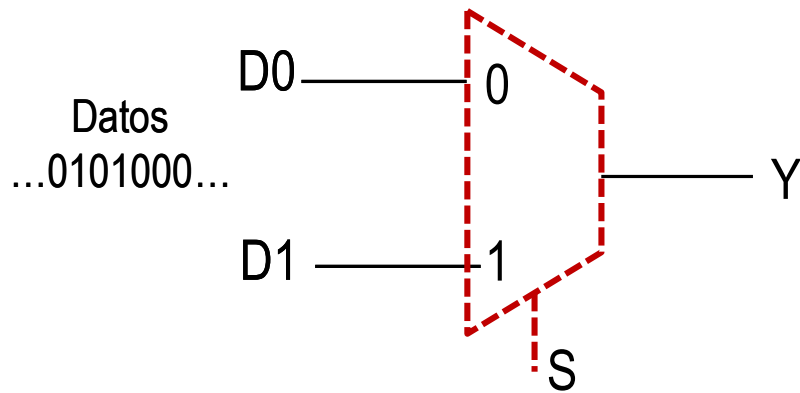
3.MULTIPLEXOR.

- Circuito combinatorial que permite encaminar la información digital (conjunto de '0' y '1') proveniente de diversas fuentes a una única salida.
 - 2^N entradas de datos, N entradas de selección y una salida.
 - La salida es igual a la entrada de datos seleccionada por el código binario aplicado a las entradas de control
- Ejemplo: Cambio de agujas con vías que convergen en una. Sólo puede pasar un tren, lo decide el jefe de estación seleccionando el tren que pasa en cada momento



A. Circuitos Combinacionales. Implementación de funciones lógicas.

3.MULTIPLEXOR.



Selección S:

$0 \rightarrow Y = D0$

$1 \rightarrow Y = D1$

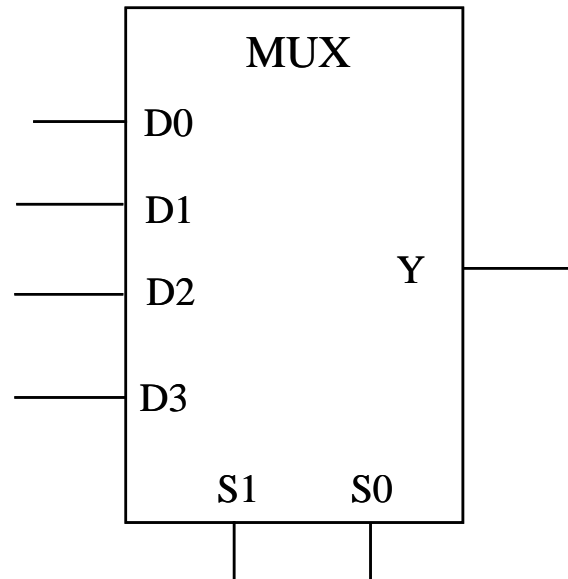
S	Y
0	D0
1	D1

A. Circuitos Combinacionales. Implementación de funciones lógicas.

3.MULTIPLEXOR.

Multiplexor 4 a 1

- Símbolo, Tabla de verdad y ecuación lógica.



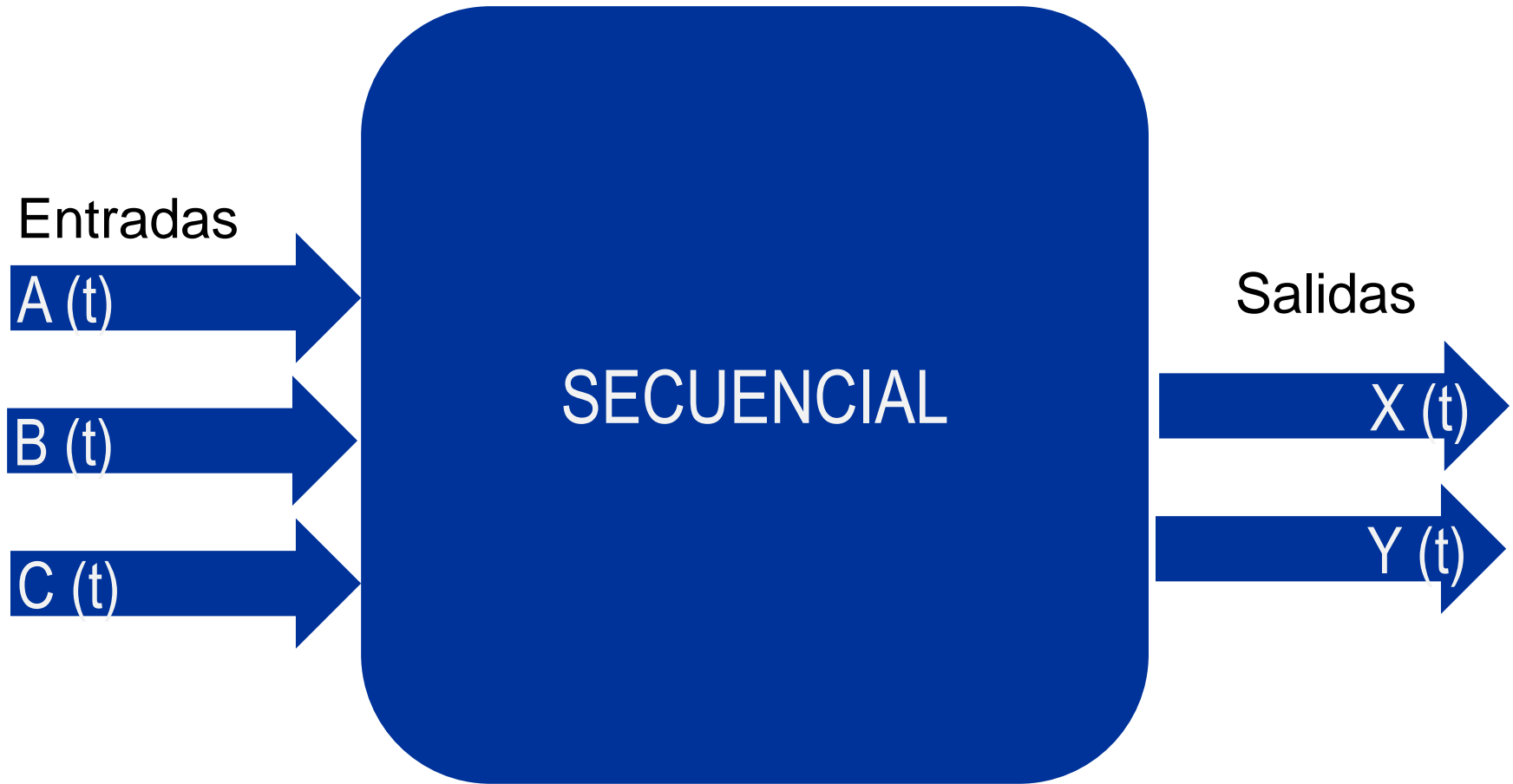
S1	S0	Y
0	0	D0
0	1	D1
1	0	D2
1	1	D3

$$Y = \bar{S}1\bar{S}0D0 + \bar{S}1S0D1 + S1\bar{S}0D2 + S1S0D3$$

Ejercicio para casa ...

Dibujar el esquema de puertas de un multiplexor 4 a 1

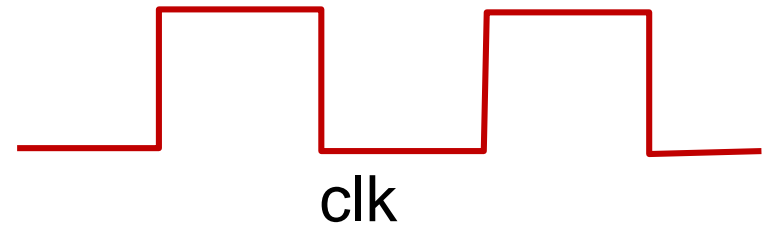
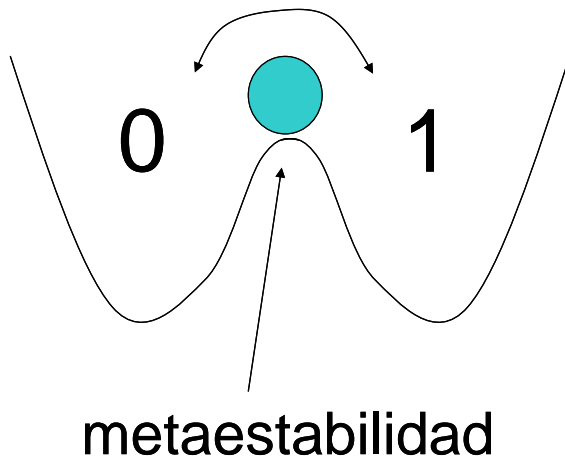




B. Circuitos Secuenciales. Unidades de Memoria.

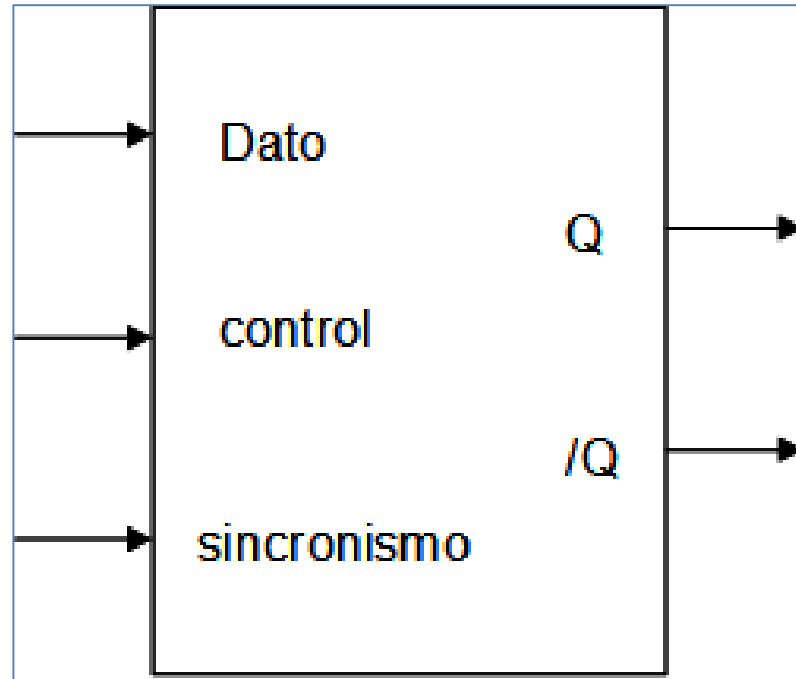
1. BIESTABLE.

- Un biestable es un sistema que presenta dos estados estables '0' y '1'.
- Es capaz de almacenar un bit (Memoria) '0' '1'
 - El valor del bit almacenado representa el estado del biestable.
- Los sistemas secuenciales se construyen con biestables y puertas lógicas.
- TIENEN UN SINCRONISMO A TRAVÉS DE UN RELOJ: CLK



B. Circuitos Secuenciales. Unidades de Memoria.

1. BIESTABLE.

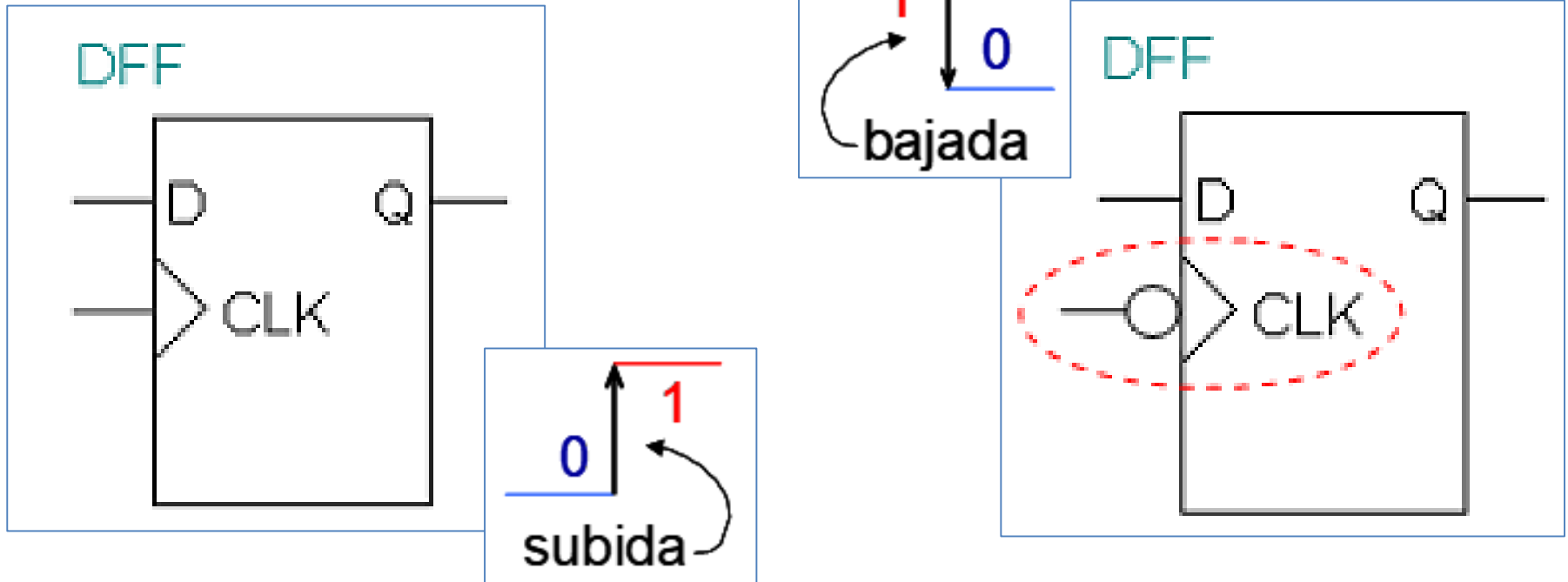


El sincronismo puede ser por

- flanco de subida o flanco de bajada

B. Circuitos Secuenciales. Unidades de Memoria.

1. BIESTABLE.



El sincronismo puede ser por

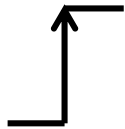
- flanco de subida o flanco de bajada

B. Circuitos Secuenciales. Unidades de Memoria.

2.BIESTABLE D.

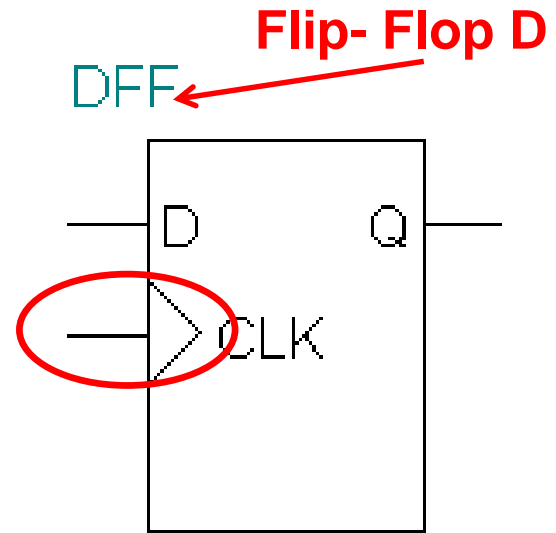
Biestable D activo por flanco de subida

- Tabla de funcionamiento y símbolo



Representación
Flanco de subida

Flanco
ascendente
de reloj



CLK	D	Q_{t+1}
	0	0
	1	1
0	X	Q_t
1	X	Q_t

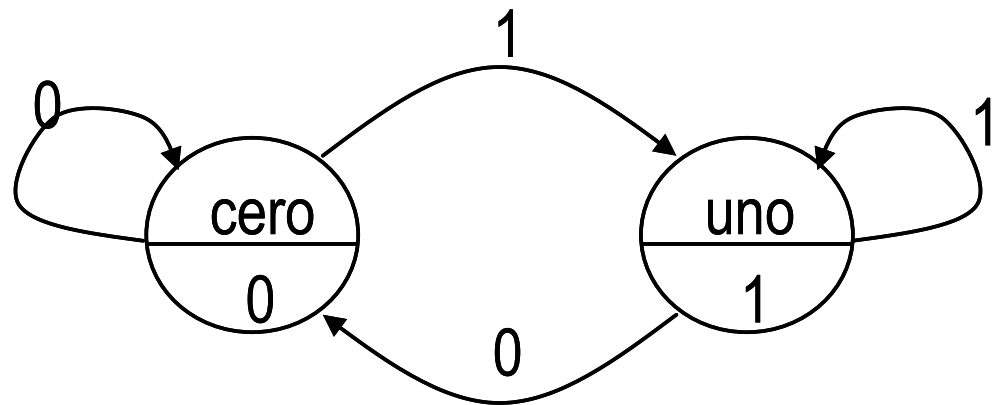


Diagrama de estados

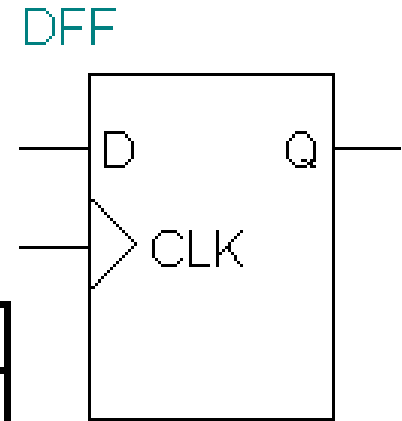
B. Circuitos Secuenciales. Unidades de Memoria.

2.BIESTABLE D.

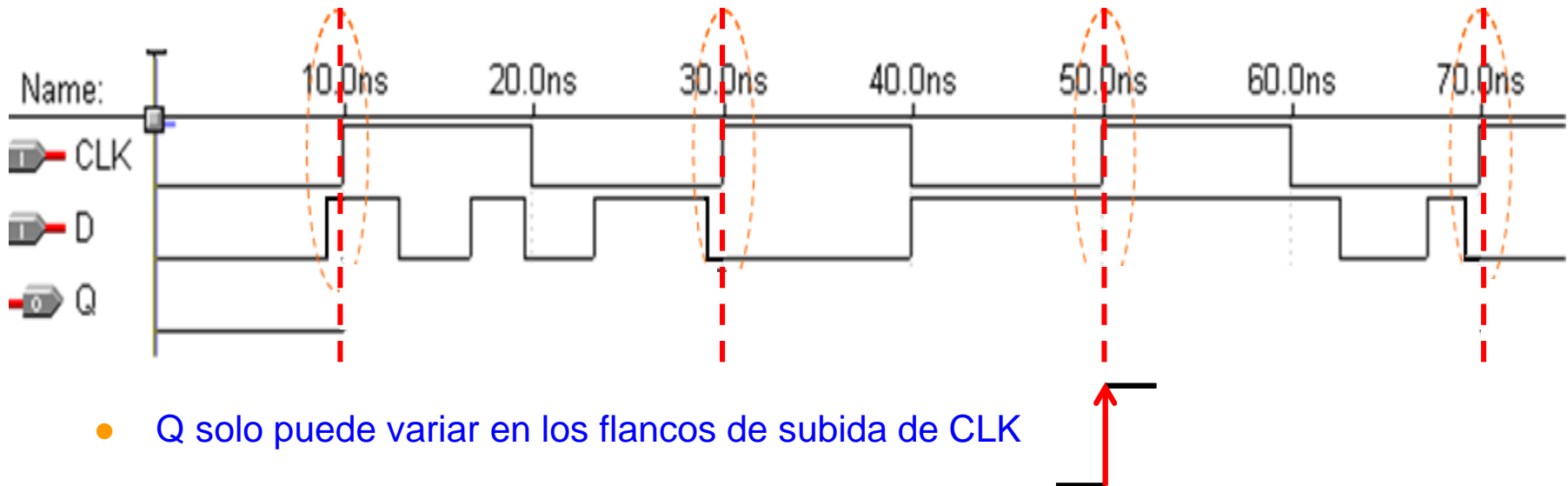
Biestable D activo por flanco de subida

- Tabla de funcionamiento y símbolo

CLK	D	Q_{t+1}
\uparrow	0	0
\uparrow	1	1
0	X	Q_t
1	X	Q_t



- Cronograma



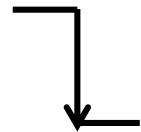
- Q solo puede variar en los flancos de subida de CLK

B. Circuitos Secuenciales. Unidades de Memoria.

2.BIESTABLE D.

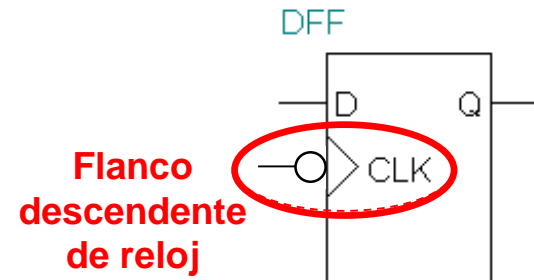
Biestable D activo por flanco de bajada

- Tabla de funcionamiento y símbolo



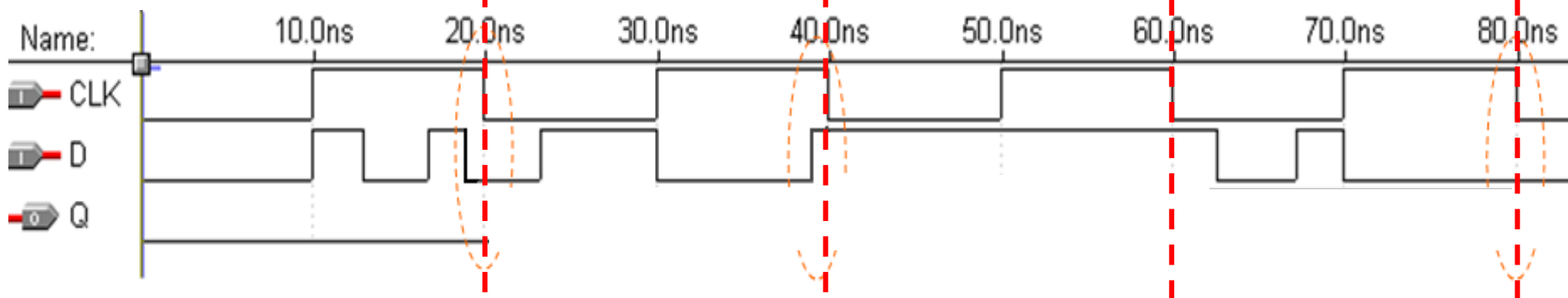
Representación
Flanco de bajada

CLK	D	Q_{t+1}
	0	0
	1	1
0	X	Q_t
1	X	Q_t

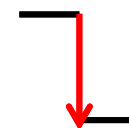


- Cronograma

➤ Comparar el funcionamiento con el caso de flanco de subida



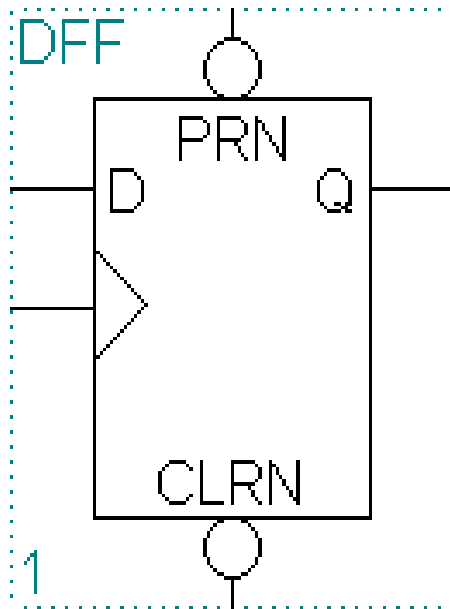
- Q solo puede variar en los flancos de bajada de CLK



B. Circuitos Secuenciales. Unidades de Memoria.

2.BIESTABLE D.

Entradas asíncronas de control

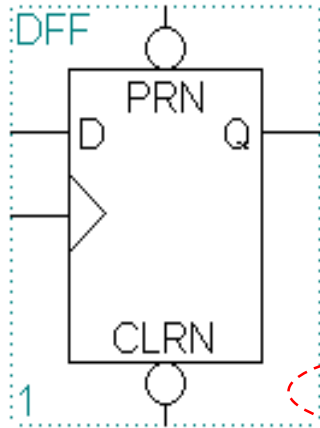


- Fuerzan un valor, independientemente del estado del reloj
 - **“Preset” puesta a ‘1’ asíncrona**
 - **“Reset” “Clear” puesta a ‘0’ asíncrona**
- (Reset del PC)
- Son **prioritarias**
- No se pueden activar simultáneamente

B. Circuitos Secuenciales. Unidades de Memoria.

2.BIESTABLE D.

Entradas asíncronas de control



PRN

CLRN

Asíncronas

Inputs
CLK

Puesta a '1'

Puesta a '0'

Output
 Q_{t+1}

Activas a nivel bajo

PRN	CLRN	Inputs CLK	D	Output Q_{t+1}
L	H	X	X	H
H	L	X	X	L
L	L	X	X	Illegal
H	H	┌	L	L
H	H	└	H	H
H	H	L	X	Q_t
H	H	H	X	Q_t

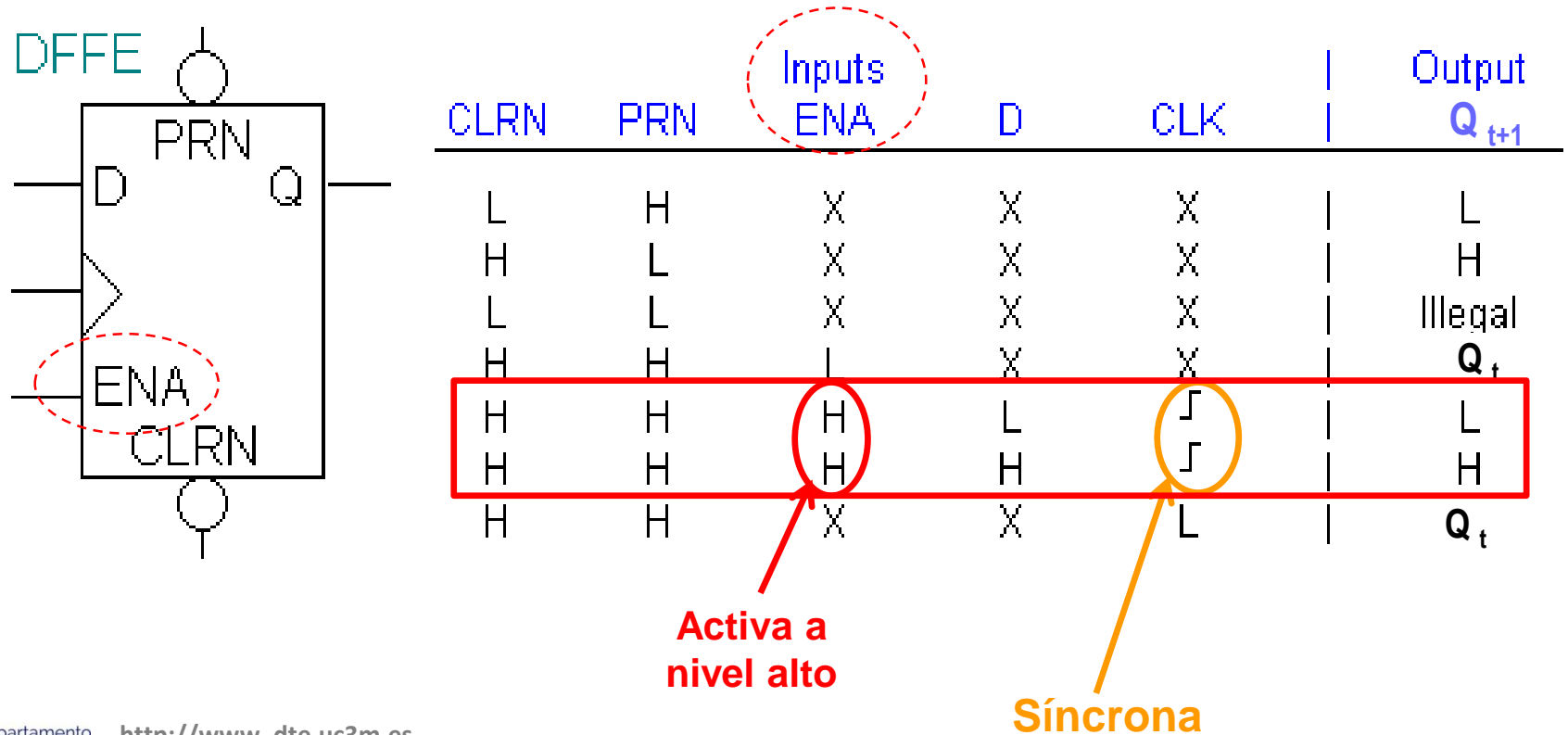
Q_t = Nivel de Q antes del pulso de reloj

B. Circuitos Secuenciales. Unidades de Memoria.

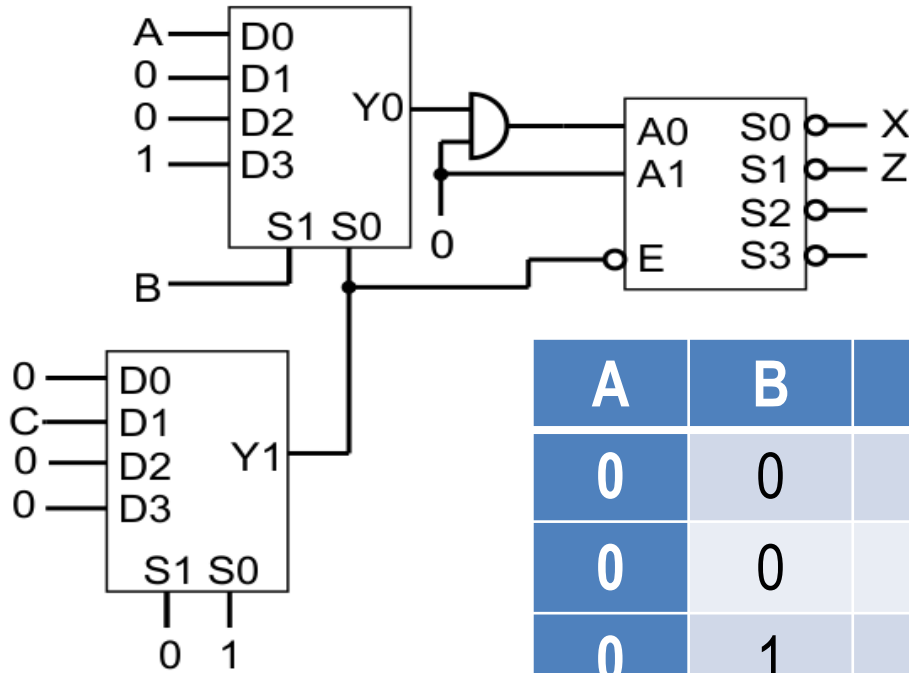
2.BIESTABLE D.

Entrada de habilitación (Enable)

- Habilita o inhabilita la captura de datos de forma independiente del **CLK**
- Puede ser activa a nivel alto o nivel bajo
- Ejemplo: Biestable D activo por flanco de subida con entrada de habilitación (enable) activa a nivel alto

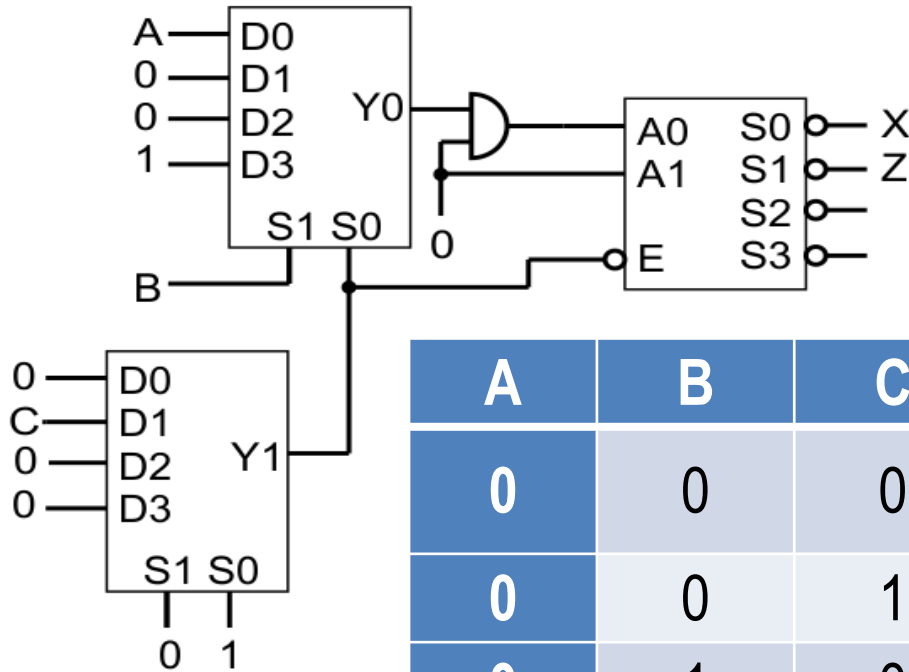


C. EJERCICIOS PROPUESTOS.



A	B	C	Y1	Y0	X	Z
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				

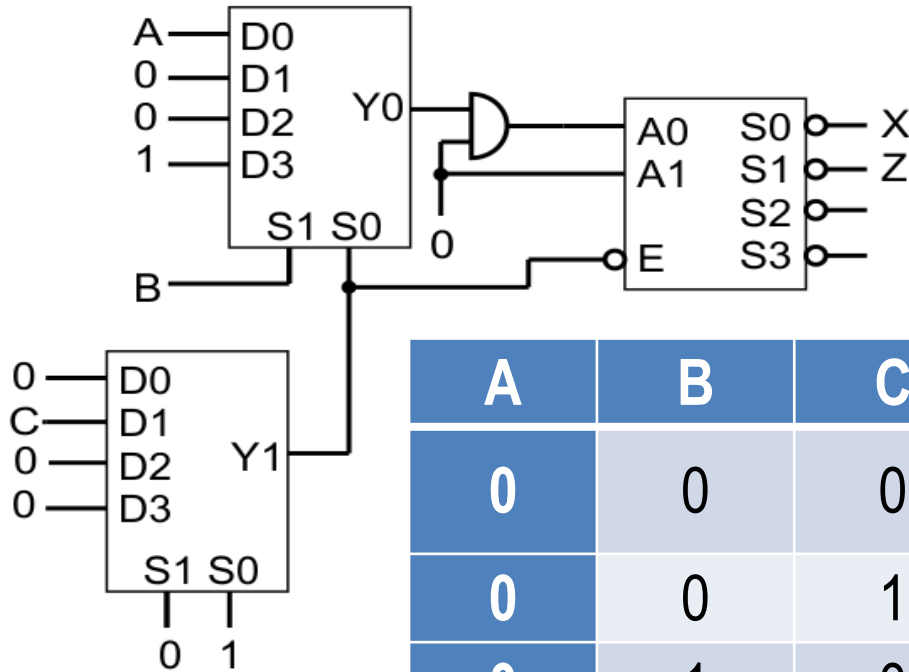
C. EJERCICIOS PROPUESTOS.



A	B	C	Y1	Y0	X	Z
0	0	0	0			
0	0	1	1			
0	1	0	0			
0	1	1	1			
1	0	0	0			
1	0	1	1			
1	1	0	0			
1	1	1	1			

<http://www.dte>

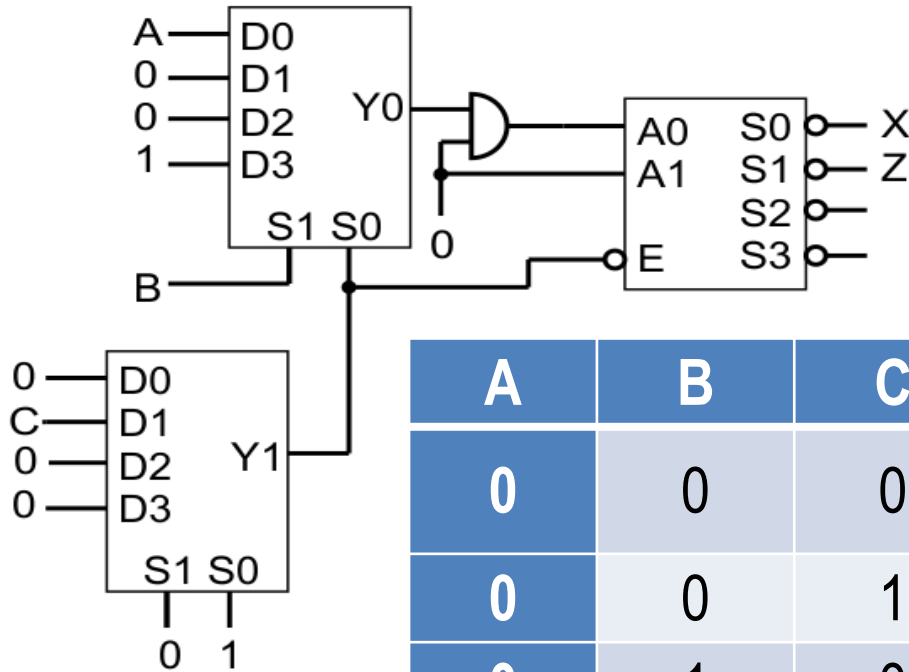
C. EJERCICIOS PROPUESTOS.



A	B	C	Y1	Y0	X	Z
0	0	0	0	D0=A=0		
0	0	1	1	D1=0		
0	1	0	0	D2=0		
0	1	1	1	D3=1		
1	0	0	0	D0=A=1		
1	0	1	1	D1=0		
1	1	0	0	D2=0		
1	1	1	1	D3=1		

<http://www.dte>

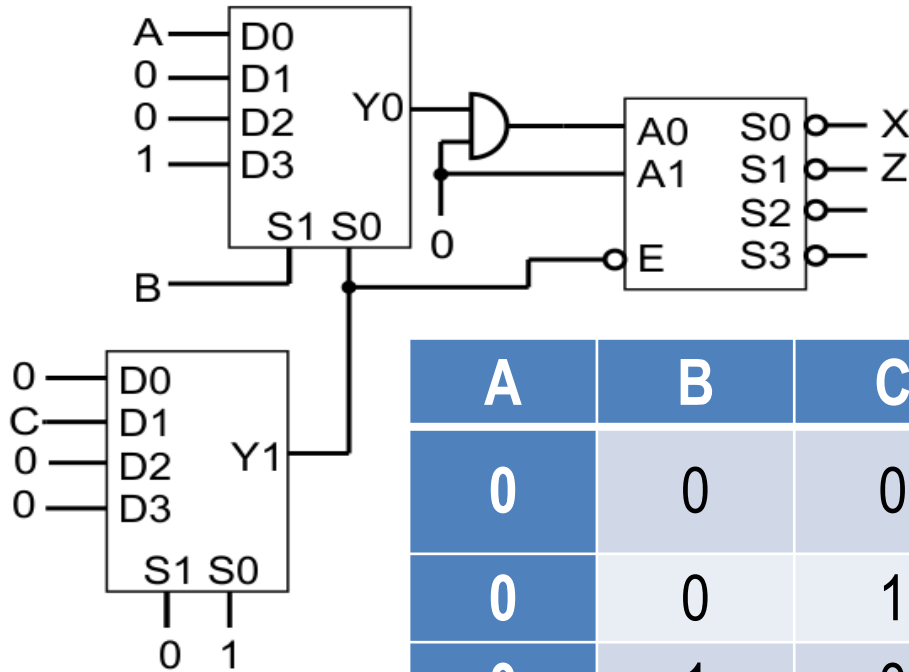
C. EJERCICIOS PROPUESTOS.



A	B	C	Y1	Y0	X	Z
0	0	0	0	D0=A=0	0	
0	0	1	1	D1=0	1	
0	1	0	0	D2=0	0	
0	1	1	1	D3=1	1	
1	0	0	0	D0=A=1	0	
1	0	1	1	D1=0	1	
1	1	0	0	D2=0	0	
1	1	1	1	D3=1	1	

<http://www.dte>

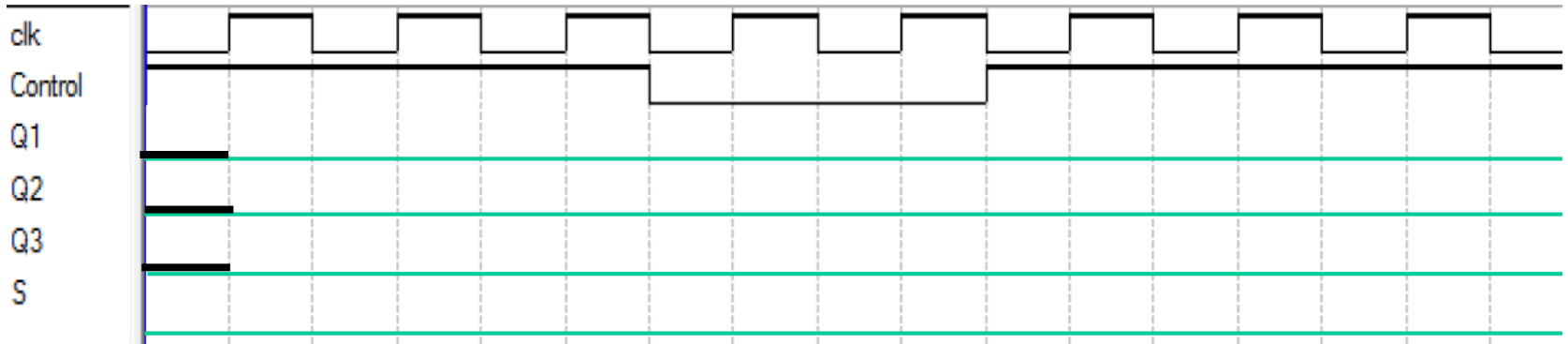
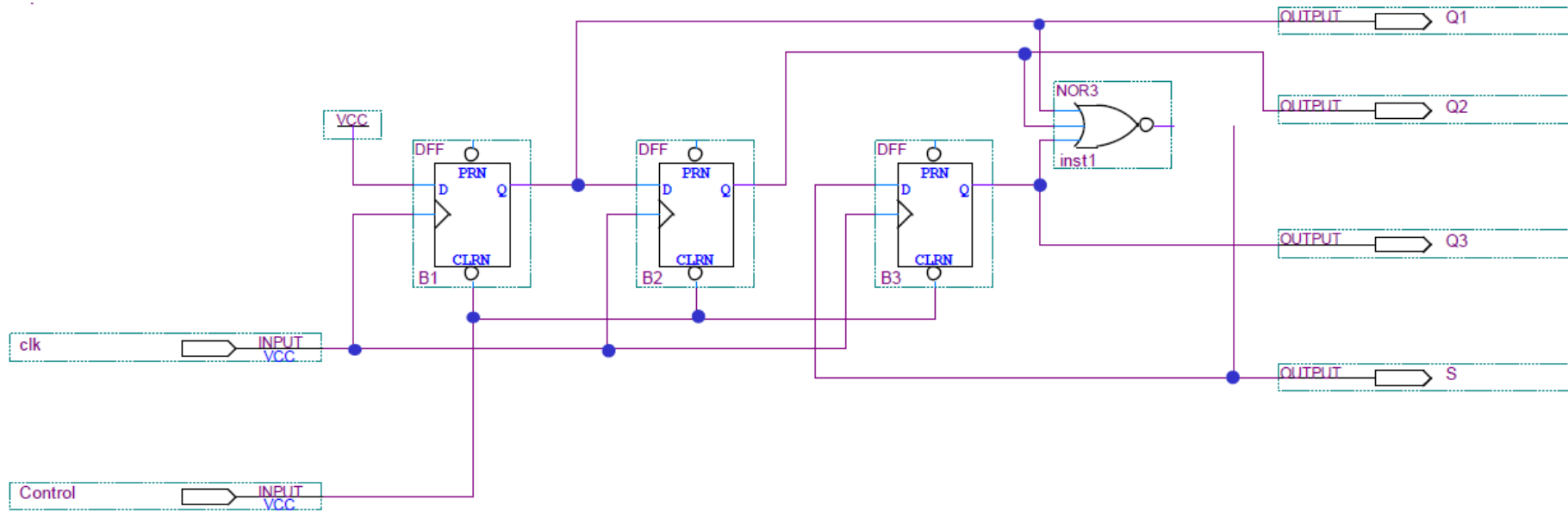
C. EJERCICIOS PROPUESTOS.



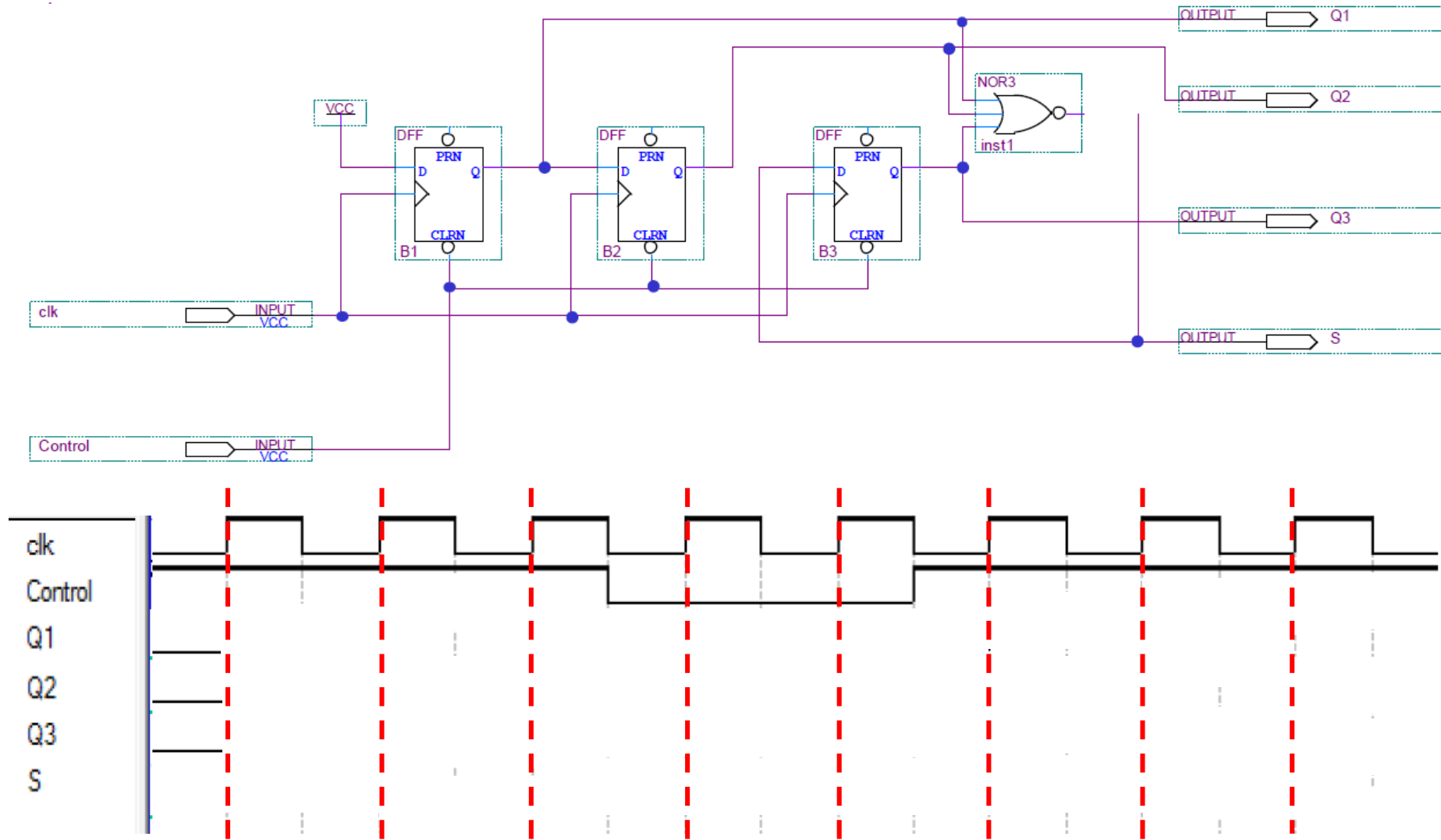
A	B	C	Y1	Y0	X	Z
0	0	0	0	D0=A=0	0	1
0	0	1	1	D1=0	1	1
0	1	0	0	D2=0	0	1
0	1	1	1	D3=1	1	1
1	0	0	0	D0=A=1	0	1
1	0	1	1	D1=0	1	1
1	1	0	0	D2=0	0	1
1	1	1	1	D3=1	1	1

<http://www.dte>

C. EJERCICIOS PROPUESTOS.



C. EJERCICIOS PROPUESTOS.

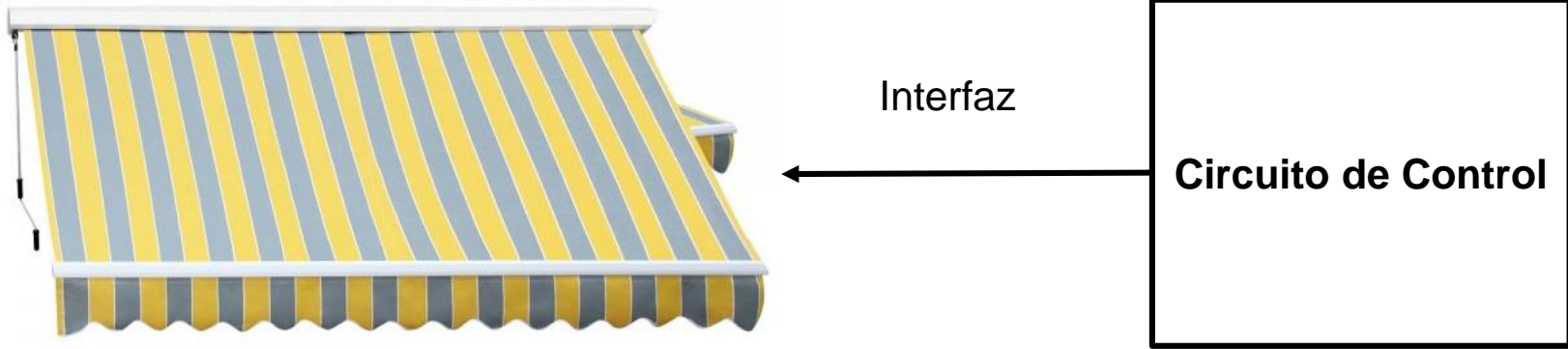


(A. Combinacionales)

Ejemplo de Aplicación: Circuito de Control de un toldo doméstico.

Requisitos:

1. Siempre que llueva se debe de extender el toldo para evitar que se moje la terraza. (No se considerará posible que simultáneamente llueva y haga sol.)
2. Si hace viento se debe extender el toldo para evitar que el viento moleste. Sin embargo, hay una excepción: aún cuando haya viento, si el día está soleado y hace frío en la casa, se recogerá el toldo para que el sol caliente la casa.
3. Si no hace viento ni llueve, sólo se bajará el toldo en los días de sol y cuando haga calor en el interior, para evitar que se caliente mucho la casa.

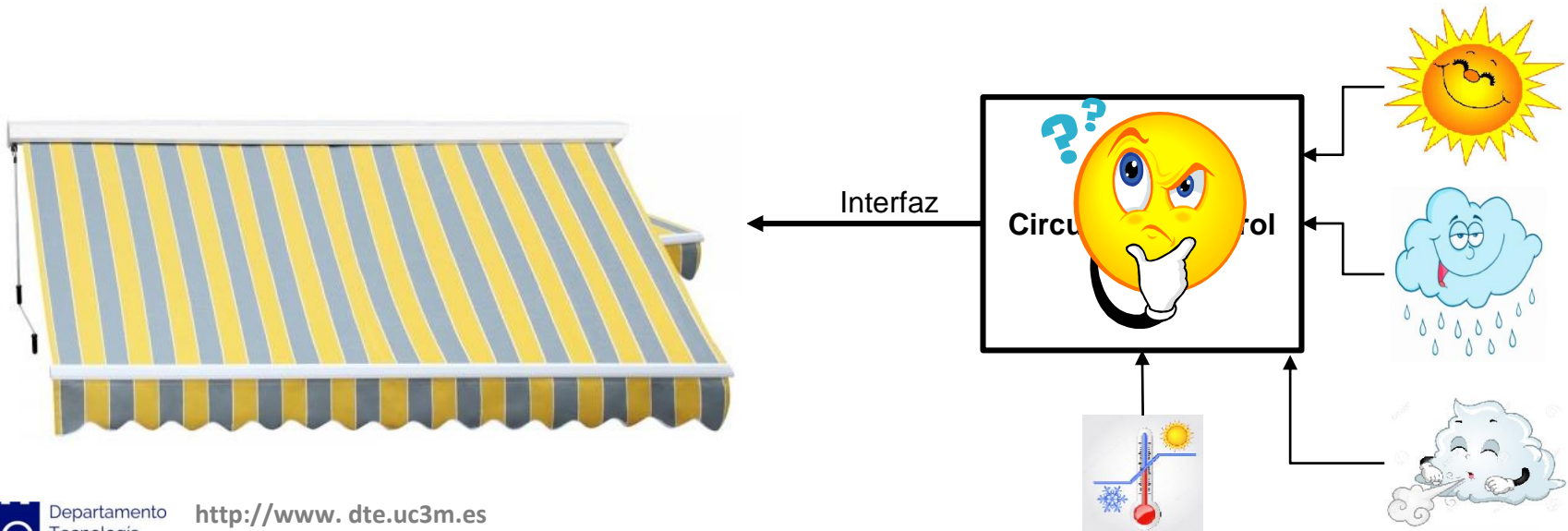


(A. Combinacionales)

Ejemplo de Aplicación: Circuito de Control de un toldo doméstico.

Requisitos:

1. Siempre que **llueva** se debe de extender el toldo para evitar que se moje la terraza. (No se considerará posible que simultáneamente llueva y **haga sol**.)
2. Si hace **viento** se debe extender el toldo para evitar que el viento moleste. Sin embargo, hay una excepción: aún cuando haya viento, si el día está soleado y **hace frío** en la casa, se recogerá el toldo para que el sol caliente la casa.
3. Si no hace viento ni llueve, sólo se bajará el toldo en los días de sol y cuando haga calor en el interior, para evitar que se caliente mucho la casa.

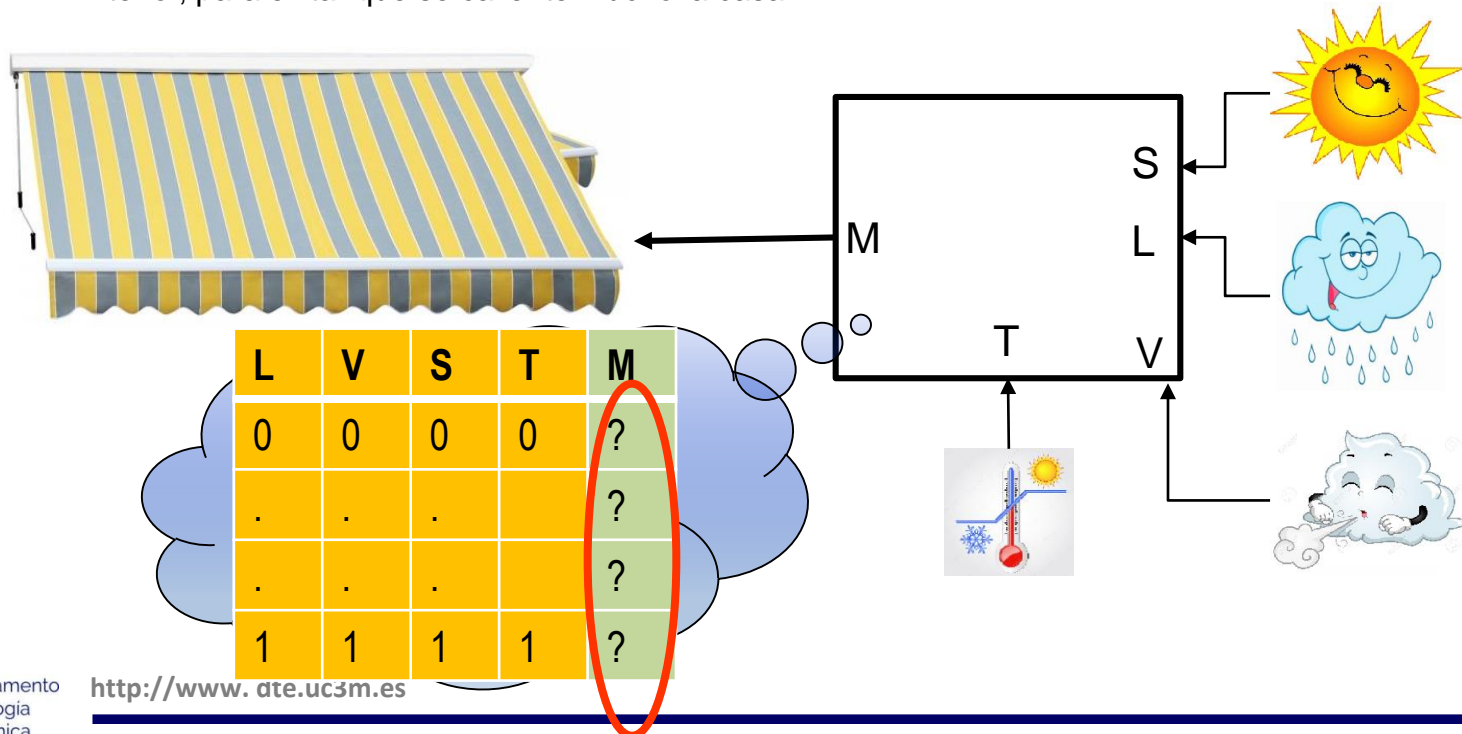


(A. Combinacionales)

Ejemplo de Aplicación: Circuito de Control de un toldo doméstico.

Requisitos:

1. Siempre que llueva se debe de extender el toldo para evitar que se moje la terraza. (No se considerará posible que simultáneamente llueva y haga sol.)
2. Si hace viento se debe extender el toldo para evitar que el viento moleste. Sin embargo, hay una excepción: aún cuando haya viento, si el día está soleado y hace frío en la casa, se recogerá el toldo para que el sol caliente la casa.
3. Si no hace viento ni llueve, sólo se bajará el toldo en los días de sol y cuando haga calor en el interior, para evitar que se caliente mucho la casa.



<http://www.dte.uc3m.es>

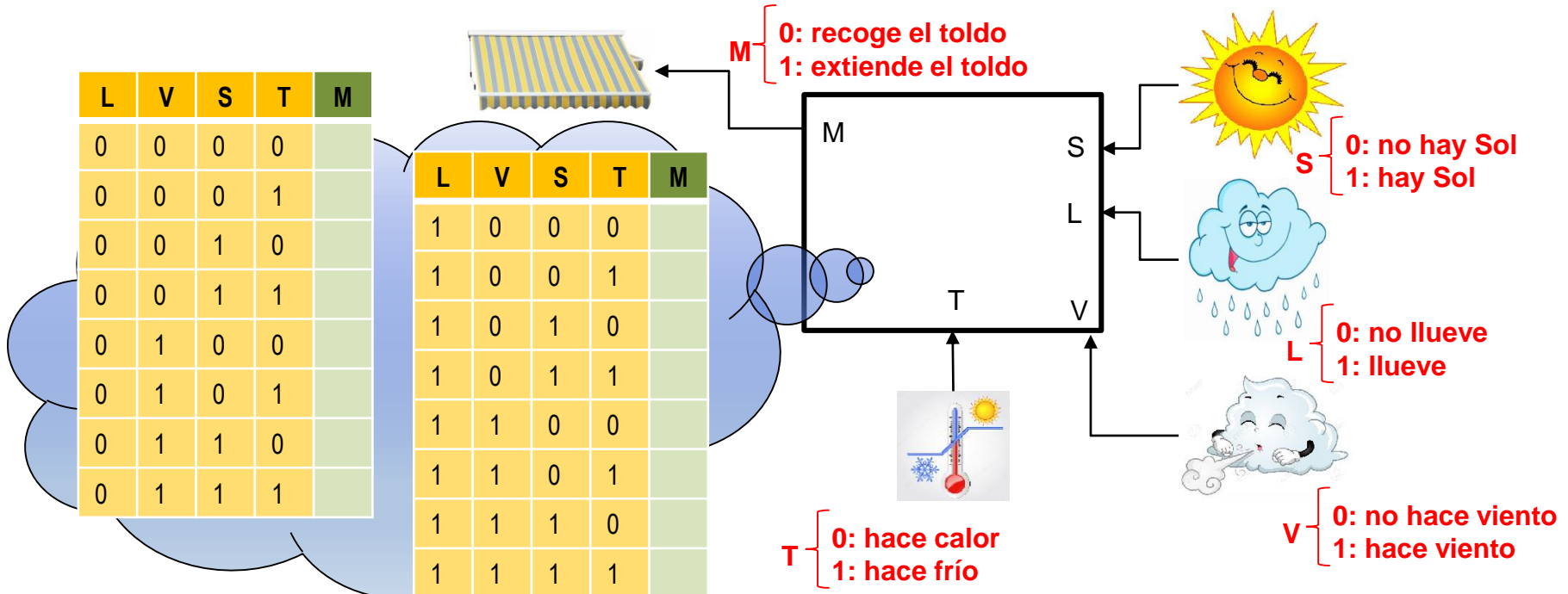
(A. Combinacionales)

Ejemplo de Aplicación: Circuito de Control de un toldo doméstico.

Requisitos:



1. Siempre que llueva se debe de extender el toldo para evitar que se moje la terraza. (No se considerará posible que simultáneamente llueva y haga sol.)
2. Si hace viento se debe extender el toldo para evitar que el viento moleste. Sin embargo, hay una excepción: aún cuando haya viento, si el día está soleado y hace frío en la casa, se recogerá el toldo para que el sol caliente la casa.
3. Si no hace viento ni llueve, sólo se bajará el toldo en los días de sol y cuando haga calor en el interior, para evitar que se caliente mucho la casa.

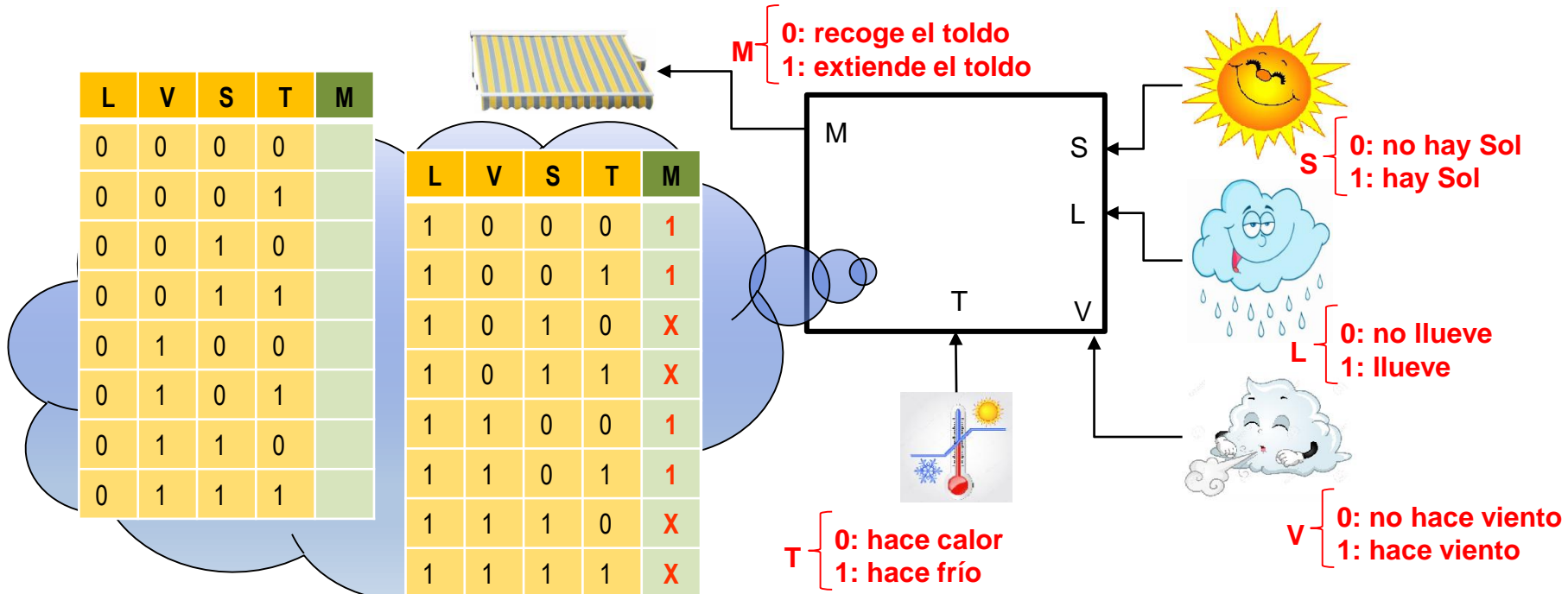


(A. Combinacionales)

Ejemplo de Aplicación: Circuito de Control de un toldo doméstico.

Requisitos:

1. Siempre que llueva se debe de extender el toldo para evitar que se moje la terraza. (No se considerará posible que simultáneamente llueva y haga sol.)
2. Si hace viento se debe extender el toldo para evitar que el viento moleste. Sin embargo, hay una excepción: aún cuando haya viento, si el día está soleado y hace frío en la casa, se recogerá el toldo para que el sol caliente la casa.
3. Si no hace viento ni llueve, sólo se bajará el toldo en los días de sol y cuando haga calor en el interior, para evitar que se caliente mucho la casa.

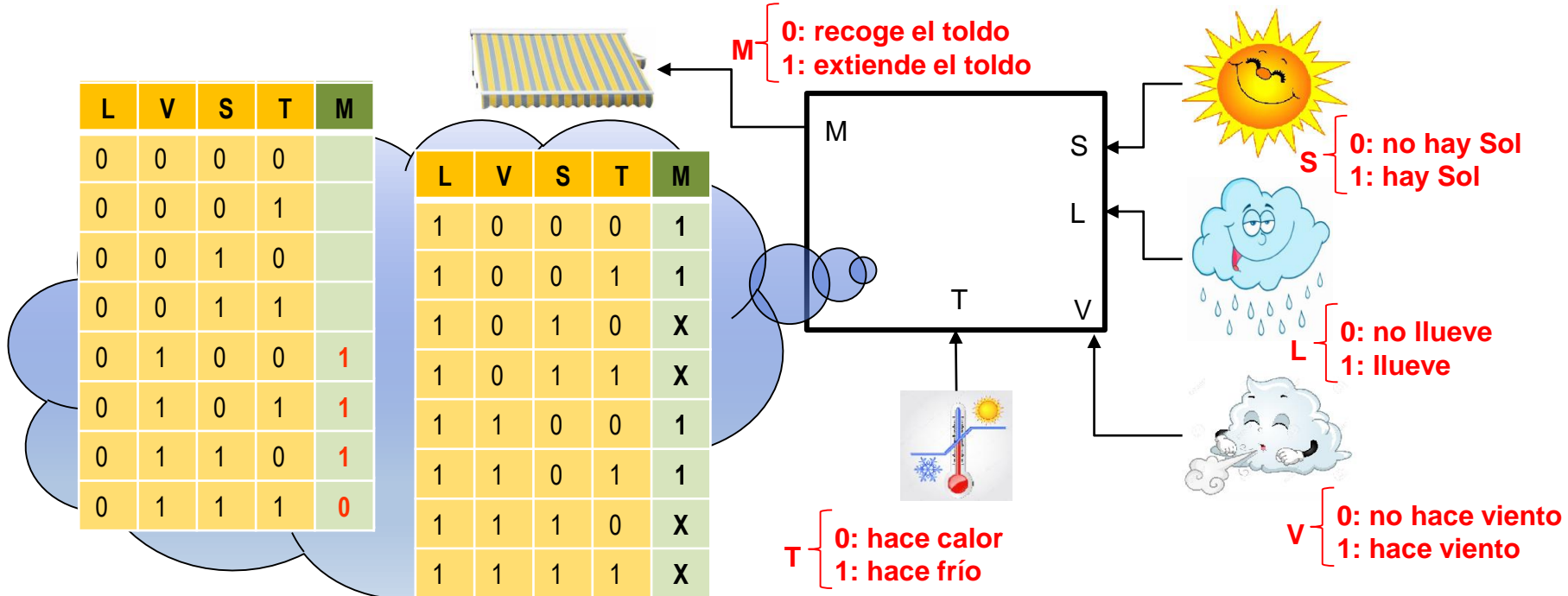


(A. Combinacionales)

Ejemplo de Aplicación: Circuito de Control de un toldo doméstico.

Requisitos:

1. Siempre que llueva se debe de extender el toldo para evitar que se moje la terraza. (No se considerará posible que simultáneamente llueva y haga sol.)
2. Si hace viento se debe extender el toldo para evitar que el viento moleste. Sin embargo, hay una excepción: aún cuando haya viento, si el día está soleado y hace frío en la casa, se recogerá el toldo para que el sol caliente la casa.
3. Si no hace viento ni llueve, sólo se bajará el toldo en los días de sol y cuando haga calor en el interior, para evitar que se caliente mucho la casa.

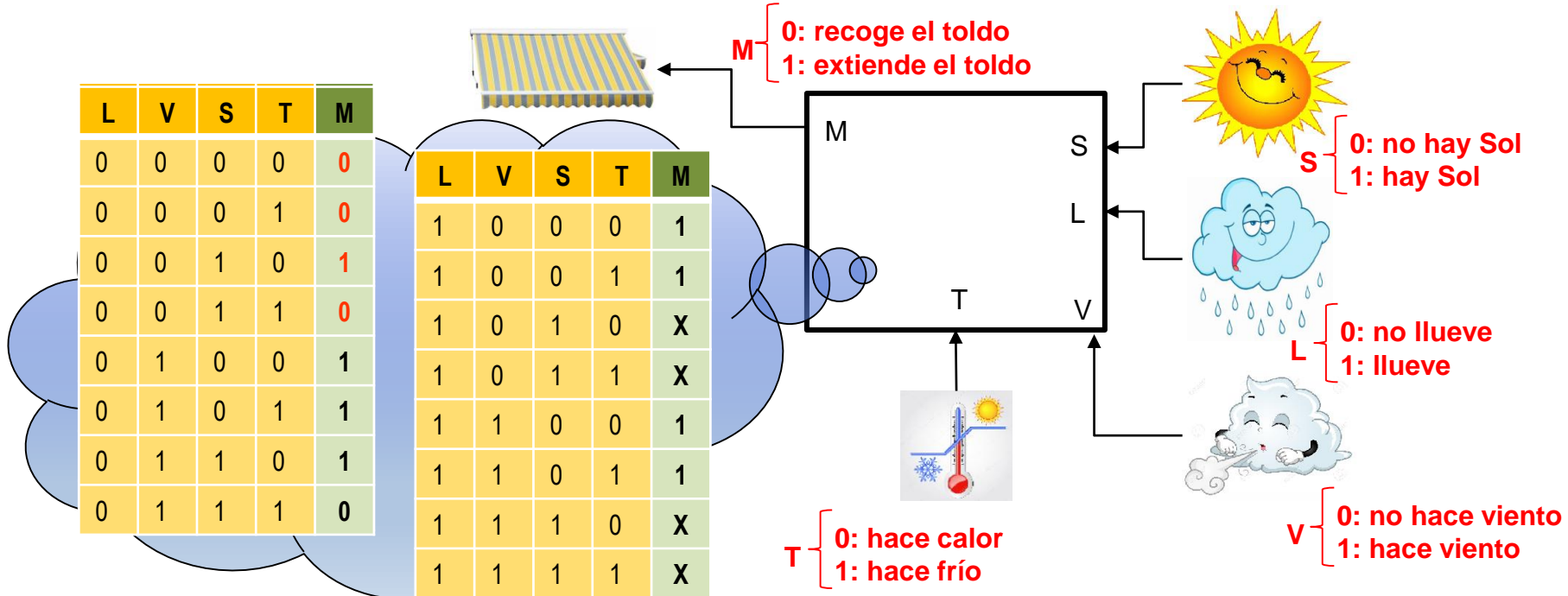


(A. Combinacionales)

Ejemplo de Aplicación: Circuito de Control de un toldo doméstico.

Requisitos:

1. Siempre que llueva se debe de extender el toldo para evitar que se moje la terraza. (No se considerará posible que simultáneamente llueva y haga sol.)
2. Si hace viento se debe extender el toldo para evitar que el viento moleste. Sin embargo, hay una excepción: aún cuando haya viento, si el día está soleado y hace frío en la casa, se recogerá el toldo para que el sol caliente la casa.
3. Si no hace viento ni llueve, sólo se bajará el toldo en los días de sol y cuando haga calor en el interior, para evitar que se caliente mucho la casa.



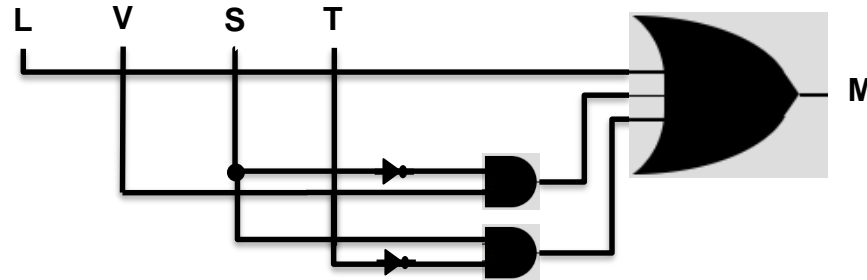
(A. Combinacionales)

Ejemplo de Aplicación: Circuito de Control de un toldo doméstico.

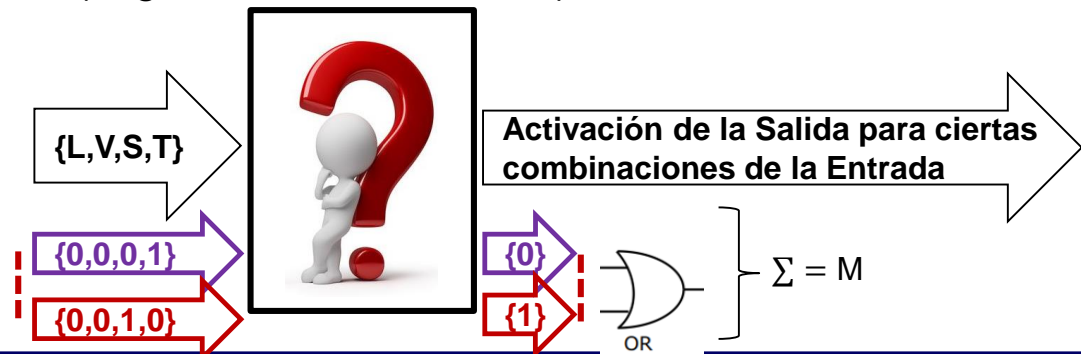
L	V	S	T	M
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	X
1	0	1	1	X
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	X
1	1	1	1	X

- Una posible implementación es utilizar puertas lógicas tras la optimización de la expresión lógica correspondiente:

$$M = L + VS\bar{T} + S\bar{T}$$



- Pero también podríamos pensar en un bloque funcional que activase su salida cuando alguna de las combinaciones relevantes de entrada lo requiriesen (según la tabla de verdad):



E. BIBLIOGRAFIA & REFERENCIAS.

- “Fundamentos de Sistemas Digitales”, T. L. Floyd.
 - L/S 621.38.037.37 FLO
- Problemas Resueltos de la Asignatura.
 - Disponibles en Aula Global.